

La rouille de l'arachide en Afrique de l'ouest : un nouveau composant d'un pathosystème multiple (1)

S. SAVARY (2), J.-P. BOSC (3), M. NOIROT (4) et J. C. ZADOKS (5)

Résumé. — La rouille de l'arachide (*Puccinia arachidis* Speg.) s'est développée récemment en Afrique de l'ouest. Des études ont été conduites par l'ORSTOM, l'Université de Wageningen et l'IRHO portant sur l'épidémiologie et la lutte contre la maladie : une enquête a été réalisée en Côte d'Ivoire sur les maladies des cultures d'arachide qui a montré que *P. arachidis* peut être considéré comme un nouveau composant d'un pathosystème multiple dans lequel les parasites foliaires jouent un rôle prédominant et spécialement les cercosporioses. La rouille, les cercosporioses ou leur combinaison peuvent occasionner des pertes allant jusqu'à 70 %. L'épidémiologie de la rouille a été étudiée expérimentalement et un modèle de simulation des épidémies a été élaboré. Les données recueillies sur l'interaction hôte-pathogène orientent la sélection en cours de cultivars d'arachide résistants.

INTRODUCTION

Parmi les nombreuses maladies qui affectent les cultures d'arachide en Afrique, la rouille (causée par *Puccinia arachidis* Speg.) occupe une place particulière. Le développement de cette maladie y est récent, et peut être considéré comme le résultat d'une pandémie qui a affecté l'ensemble du monde tropical dans les années 1970-80.

Lors de l'apparition de la rouille en Afrique, des informations précises sur son importance réelle en milieu paysannal étaient indispensables ; sa place par rapport aux nombreuses autres contraintes phytosanitaires de l'arachide était inconnue ; une analyse de son impact potentiel sur le processus d'intensification de la culture était nécessaire ; enfin, les méthodes de lutte disponibles devaient être réévaluées, dans le contexte de stratégies de contrôle adaptées à la situation actuelle et future des cultures d'arachide en Afrique de l'ouest. Cette note résume les efforts qui ont été consacrés par l'ORSTOM, l'Université Agronomique de Wageningen et l'IRHO dans un programme conjoint sur l'épidémiologie et la lutte contre la rouille de l'arachide. La plupart des résultats mentionnés ici proviennent d'études réalisées en Côte d'Ivoire, qui, de par sa variété de situations agroécologiques et de climats, est représentative d'une large gamme de situations propres à l'Afrique de l'ouest.

Une enquête sur les maladies des cultures d'arachide traditionnelles de Côte d'Ivoire.

En Côte d'Ivoire, l'arachide est une culture paysannale traditionnelle, destinée principalement à l'autoconsommation. Les rendements en gousses sont modestes, de l'ordre de 800 à 1 200 kg.ha⁻¹. L'essentiel de la production est concentrée dans les régions de savane du Nord du pays, mais la culture est cependant présente également dans les régions médionales de forêt. Ces variations écologiques se superpo-

sent à de grandes différences dans les systèmes de production, depuis les régions de cultures sur brûlis à celles où la production est partiellement mécanisée, et depuis des cultures de cases soigneusement entretenues aux cultures de plein champ, ou aux cultures de bas-fond destinées aux marchés locaux.

Une enquête sur les maladies de l'arachide en milieu paysannal traditionnel [3, 4] a été conduite, avec les objectifs suivants : (a) décrire les pratiques culturales, les conditions climatiques, et les intensités des principales maladies ; (b) relier les niveaux des maladies aux conditions culturales et climatiques, (c) confronter les résultats obtenus à ceux d'expérimentations épidémiologiques sur la rouille de l'arachide ; et (d) produire la base d'une analyse prospective sur le risque que constitue cette maladie, en association avec les autres contraintes de la culture, dans le cadre d'une intensification agricole. Les résultats obtenus au cours de cette enquête portent sur 309 parcelles paysannes, visitées au cours de trois années (1983, 84 et 85), dans les différentes régions de production de Côte d'Ivoire, aux différentes époques des périodes culturales. La méthode d'analyse qui fut privilégiée est l'analyse factorielle des correspondances, praticable après un recodage des variables quantitatives en classes.

Parmi 18 champignons phytopathogènes recensés, six ont été fréquemment rencontrés dans toutes les régions de Côte d'Ivoire, et les intensités des maladies dont ils sont responsables furent estimées ; il s'agit de la rouille (*P. arachidis*), des cercosporioses à *Phaeoisariopsis personata* (Berk. & Curt.) von Arx (*Cercosporidium personatum* (Berk. & Curt.) Deighton) et à *Cercospora arachidicola* Hori, des flétrissements à *Aspergillus niger* V. Tiegh., à *Botryodiplodia* sp., et à *Sclerotium rolfsii*, Sacc. [2].

Il existe une relation très forte entre la croissance de la culture et les cinétiques des épidémies des parasites foliaires (la rouille et les cercosporioses). Des tendances épidémiques propres à chacune de ces maladies purent être mises en évidence. Les tendances épidémiques des maladies foliaires, par ailleurs, s'opposent à celles des maladies de flétrissement, dont l'intensité décroît avec l'âge de la culture (sauf pour le flétrissement à *Botryodiplodia* sp.). Ce schéma servit de référence pour la suite de l'analyse.

(1) Cette note est le résumé d'un article publié par la revue *Plant Disease*, sous le titre : Peanut rust : a new component in a multiple pathosystem.

(2) ORSTOM, Centre d'Adiopodoumé, Côte d'Ivoire.

(3) IRHO, Bobo-Dioulasso, Burkina-Faso

(4) ORSTOM, Centre de Montpellier, France

(5) Wageningen Agricultural University, Pays-Bas.

Estimation des pertes de récoltes causées par la rouille.

Une information sur le niveau des pertes occasionnées par la rouille, en relation avec les autres maladies principales de l'arachide, les cercosporioses, sur les cultures traditionnelles d'arachide était considérée comme un préalable indispensable à la poursuite du projet. Une série d'expérimentations fut entreprise où des niveaux différents des deux types de maladies furent obtenus à l'aide de combinaisons de fongicides. Avec des rendements accessibles d'environ 1 700 kg-ha⁻¹, des pertes allant jusqu'à 70 % furent enregistrées, causées soit par la rouille, soit par les cercosporioses, ou leur combinaison. Les résultats obtenus indiquent, en outre, que les pertes s'accroissent plus rapidement avec la sévérité de rouille qu'avec celle des cercosporioses.

De tels résultats, obtenus sur essais en stations, illustrent les relations entre les pertes de rendement et les sévérités des maladies foliaires. Leur représentativité du milieu paysan, où les conditions de cultures, donc les rendements accessibles, sont excessivement variables, est cependant difficile à évaluer [11]; ils furent donc complétés par des essais en parcelles villageoises, qui, notamment, permirent de mettre en évidence un accroissement des sévérités de rouille avec le niveau des investissements à la culture, ainsi qu'un accroissement des pertes de récoltes (en poids) avec le niveau d'intensification cultural.

Etudes expérimentales sur l'épidémiologie de la rouille de l'arachide.

Le stade télien de *P. arachidis* n'a pas, à notre connaissance, été encore décrit en Afrique. Actuellement, le seul hôte connu de ce parasite est l'arachide. Les épidémies de rouille sont constituées par une succession de cycles urédiens, qui comportent plusieurs étapes : la survie des spores déposées, leur germination, l'infection, la période de latence, la sporulation durant la période infectieuse, la libération des spores et leurs transport [11]. Les effets de différents facteurs abiotiques (température, humidité, humectation) et biotiques (stade de développement et état physiologique des plantes, âge des feuilles) sur les différentes étapes du cycle parasitaire furent analysées au cours d'une série d'expérimentations détaillées en laboratoire [2].

La dissémination des spores de *P. arachidis* a été étudiée dans des expérimentations comportant des foyers artificiels de rouille [2]. Ce processus présente une forte rythmicité quotidienne, liée aux variations d'humidité relative et de vitesse du vent. Les mécanismes de dissémination induits par la pluie ont été également analysés, à l'aide d'un simulateur de pluie [5]. Les résultats montrent que les pluies légères constituent une circonstance favorable pour la dispersion de la rouille, tandis que les averses lourdes et prolongées ont probablement un effet très défavorable.

L'âge (et la densité) du couvert a un effet puissant sur la dispersion de la rouille à une méso-échelle, au sein d'un couvert d'arachide. Les valeurs, relativement modestes, des pentes des gradients primaires de dispersion correspondent à l'aspect général des épidémies de rouille dans les parcelles paysannes, qui sont, le plus souvent, de type général, plutôt que de type focal [11]. Cet aspect peut être attribué à une dispersion rapide dans les champs, et à la présence de nombreuses sources d'inoculum, faibles et proches des champs, ou bien lointaines et fortes.

Seules les indications circonstancielles sont disponibles pour illustrer la dispersion de la rouille de l'arachide à une macro-échelle [3]. Les données recueillies en parcelles

paysannes montrent que les sévérités élevées sont associées à des régions où la culture de l'arachide est peu répandue, mais présente tout au long de l'année (dans le sud), ou à des régions où la culture est fréquente, avec un calendrier précis (dans le nord de la Côte d'Ivoire). Dans le sud, les épidémies de rouille prennent un caractère explosif et se développent sur un fond endémique. L'endémicité de la rouille de l'arachide est attribuable à la présence de repousses infectées, et à la culture en continu de l'arachide dans ces régions. Dans le nord, des épidémies à caractère général se développent chaque année, avec un retard variable dans le cycle cultural, qui ont vraisemblablement pour origine principale la source d'inoculum que constituent les cultures infectées du sud.

Les maladies foliaires de l'arachide : quelques caractéristiques propres à la rouille.

L'analyse des données d'enquête permet de définir un schéma général, simplifié, de l'épidémiologie de la rouille de l'arachide [2, 4], qui peut être comparé à ceux des cercosporioses. Concernant les variables climatiques, les sévérités maximales de rouille sont associées à des conditions optimales de température et de pluviométrie, ce qui correspond aux données expérimentales. Ce comportement ressemble à celui de la cercosporiose à *P. personata*, avec cependant une plus grande souplesse dans les exigences de ce parasite. Il s'oppose, par contre, à celui de la cercosporiose à *C. arachidicola*, pour laquelle aucune relation ne peut clairement être établie avec ces deux facteurs climatiques.

Une analyse des correspondances entre les conditions culturales et la croissance des plantes, et les sévérités des maladies foliaires [4] indique que, d'une manière générale, le développement de la rouille est favorisé lorsqu'elle affecte des plantes jeunes, vigoureuses, plutôt que sénescentes et subissant un stress. Cette analyse met en évidence la relation étroite et positive entre la croissance relative des plantes et les sévérités de rouille. Au contraire, les forts niveaux de cercosporioses à *C. arachidicola* correspondent à des cultures dont la croissance est mauvaise, du fait de stress multiples parmi lesquels l'enherbement paraît jouer un rôle de premier plan.

Analyse des composantes des interactions hôte-pathogène.

L'amélioration de la résistance des variétés d'arachide cultivées à la rouille devrait, dans le futur, constituer la base des stratégies de contrôle de cette maladie [9]. La résistance à la rouille peut être considérée comme constituée d'un ensemble de composantes de résistance [10] affectant chacune une étape du processus monocyclique. Ces composantes peuvent être représentées sous la forme de valeurs relatives, chacune d'entre elles représentant un freinage plus ou moins efficace de l'étape considérée [6, 10], et peuvent être combinées en une résistance relative globale propre à chaque cultivar. La littérature [8], ainsi que des expériences récentes, montrent que la résistance de l'arachide à la rouille est incomplète, et que la résistance relative pour la durée de la période de latence en constitue un élément essentiel [6, 7]. L'évaluation de la résistance incomplète est malheureusement extrêmement laborieuse, et un programme de sélection, pour être opérationnel, est tenu d'exercer un choix sur les étapes du cycle parasitaire qui doivent faire l'objet de mesures détaillées. La simulation peut apporter une assistance dans ce choix.

A partir des données expérimentales recueillies sur l'épidémiologie de la rouille de l'arachide, un modèle simple,

déterministe, de simulation dynamique des épidémies de rouille a été élaboré (Savary, De Jong, Rabbinge & Zadoks, non publié). Ses objectifs sont les suivants : (1) produire une synthèse quantitative sur l'épidémiologie de la rouille de l'arachide ; (2) étudier le déroulement de différentes épidémies soumises à des conditions variables d'environnement ; et (3), évaluer l'importance relative des différentes composantes de résistance sur la dynamique des épidémies. Ce modèle a été vérifié et partiellement validé en comparant ses performances aux données recueillies au cours d'essais de référence réalisés au Service d'Expérimentations Agronomiques du centre ORSTOM d'Adiopodoumé. Il a permis de confirmer les résultats de laboratoire et d'essais, en mettant en évidence le rôle prédominant joué par la durée de la période de latence.

L'analyse des composantes de résistance peut, également, être appliquée à la comparaison d'isolats différents de rouille [11, Savary, données non publiées]. Un ensemble d'isolats recueillis en Côte d'Ivoire a été confronté à une gamme de variétés, et des caractéristiques épidémiologiques ont été mesurées pour chacun des couples isolats* cultivar considérés. Les résultats de cette expérience, tout en ne mettant pas en évidence de différences dans le classement des variétés quant à leur résistance vis-à-vis de la rouille en fonction des isolats, indiquent des interactions statistiquement significatives entre cultivars et isolats. Ce résultat suggère fortement que les isolats recueillis sont différents quant à leur pouvoir pathogène, et que le couple arachide - *P. arachidis* présente un « phénomène d'interaction faible » [12]. Ce « phénomène d'interaction faible » peut, ou non, être le prélude à l'apparition de races physiologiques ; en tout état de cause, il est clair que, dans ce domaine, des informations détaillées sont nécessaires.

Perspectives d'évolution d'un pathosystème multiple dans un processus d'intensification agricole.

P. arachidis peut être considéré comme un nouveau composant d'un pathosystème multiple, dans lequel les parasites foliaires jouent un rôle prédominant, et spécialement les cercosporioses. Les caractéristiques de la rouille de l'arachide peuvent être résumées ainsi : (1) des exigences climatiques relativement strictes pour son développement optimal ; (2) de très fortes capacités de dispersion, tant à une micro-échelle qu'à une macro-échelle ; (3) une propension

marquée à affecter des cultures en bon état physiologique ; (4) une capacité accrue à provoquer des pertes de récoltes élevées lorsque la maladie est confrontée à des cultures dont le rendement accessible est élevé.

Malgré la très grande diversité d'environnements à laquelle il était confronté, le parasite est parvenu très rapidement à provoquer des pertes d'importance économique considérable, grâce à ses caractéristiques propres, complémentées par des circonstances particulièrement favorables (culture pratiquement continue du Sud de la Côte d'Ivoire, par exemple). Il est également possible qu'une souplesse génétique encore méconnue ait facilité son adaptation à la diversité des populations d'hôtes.

Les études par enquêtes en milieu paysan fournissent, dans ce projet, la possibilité d'envisager l'évolution du pathosystème à partir d'un équilibre initial où les rendements sont faibles, vers une situation future où ces rendements sont augmentés. L'extrapolation des tendances observées suggère que l'intensification de la culture de l'arachide, envisagée par les autorités dans de nombreuses régions d'Afrique de l'ouest, peut conduire à un accroissement du risque inhérent à ce pathosystème multiple, et que l'un de ses composants, la rouille, pourrait y jouer un rôle important.

Dans ce contexte, les efforts entrepris par plusieurs institutions, dont l'ICRISAT et l'IRHO, pour mettre au point des cultivars résistants à la rouille, sont donc pleinement justifiés. Pour plusieurs raisons, l'usage de fongicides à l'échelle de la parcelle paysannale traditionnelle ne peut pas, aujourd'hui, être envisagé comme une alternative praticable pour la lutte contre la rouille [2] ; l'une des plus importantes est que le raisonnement coût/bénéfice ne s'applique pas nécessairement à des cultures de subsistance. Il convient, également, de mentionner le manque de moyens logistiques pour appliquer cette méthode de lutte efficacement. Il est cependant possible d'envisager, parmi les approches futures, celle qui consisterait à combiner une résistance incomplète avec une protection fongicide discontinue, apportée, par exemple, par un traitement de semences.

Remerciements. — Ce projet de recherche a mis en œuvre une coopération entre scientifiques et responsables du Développement Agricole de la Côte d'Ivoire. Des remerciements sont particulièrement adressés à MM. J. P. Busnardo et J. L. Notteghem (IDESSA-IRAT, Bouaké, Côte d'Ivoire), à M. C. Zambettakis (Muséum National d'Histoire Naturelle), et à la Compagnie ivoirienne pour le Développement des Textiles (Bouaké, Côte d'Ivoire), pour leur soutien.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] PORTER D. M., SMITH D. H. and RODRIGUEZ-KABANA R. (1984) — Compendium of Peanut Diseases. The American Phytopathological Society, St Paul, MN, 73 p.
- [2] SAVARY S. (1986) — Etudes épidémiologiques sur la rouille de l'arachide en Côte d'Ivoire. Doctoral thesis. The Agricultural University of Wageningen, 154 p.
- [3] SAVARY S. (1987) — Enquête sur les maladies fongiques de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) en Côte d'Ivoire. I. Méthodes d'enquête et étude descriptive : les conditions culturales et les principales maladies. *Neth. J. Pl. Path.*, 93, p. 167-188.
- [4] SAVARY S. (1987) — Enquête sur les maladies fongiques de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) en Côte d'Ivoire. II. Epidémiologie de la rouille de l'arachide (*Puccinia arachidis* Speg.). *Neth. J. Pl. Path.*, 93, p. 215-231.
- [5] SAVARY S. and Jancou J. L. (1986) — Rain-induced dispersal of *Puccinia arachidis* studied by means of a rainfall simulator. *Neth. J. Pl. Path.*, 92, p. 163-174.
- [6] SAVARY S. & ZADOKS J. C. (1988) — Analyse des composantes de l'interaction hôte-parasite chez la rouille de l'arachide. I. Définition et mesure des composantes de résistance (Bilingue fr.-angl.) *Oléagineux*, 44, N° 3, p. 163-174.
- [7] SAVARY S. & ZADOKS J. C. (1988) — Analyse des composantes de l'interaction hôte-parasite chez la rouille de l'arachide. II. Mesure de la résistance intermédiaire par un essai en micro-parcelles (Bilingue fr.-angl.) *Oléagineux*, 44, N° 5, p. 215-224.
- [8] SUBRAHMANYAM P., McDONALD D., GIBBONS R. W. and SUBBA RAO P. V. (1983) — Components of resistance to *Puccinia arachidis* in peanuts. *Phytopathology*, 73, p. 253-256.
- [9] SUBRAHMANYAM P., REDDY L. J., GIBBONS R. W. and McDONALD D. (1985) — Peanut rust, a major threat to peanut production in the Semi-Arid Tropics. *Plant Disease*, 69, p. 813-819.
- [10] ZADOKS J. C. (1972) — Modern concepts in disease resistance in cereals. Pages 89-98 in *The Way Ahead in Plant Breeding*. F. A. G. H. Lupton, G. Jenkins and R. Johnson, Eds. Eucarpia, Cambridge.
- [11] ZADOKS J. C. and SCHEIN R. D. (1979) — *Epidemiology and Plant Disease Management*. Oxford University Press, Oxford, New York, 427 p.
- [12] ZADOKS J. C. and VAN LEUR J. A. G. (1983) — Durable resistance and host-pathogen environment interaction. Pages 125-140 in *Durable resistance in crops*. J. M. Waller, and N. A. Van der Graaff, Eds. Plenum, New York.

SUMMARY

Groundnut rust in west Africa : a new component in a multiple pathosystem.

S SAVARY, J. P. BOSC, M. NOIROT, J. C. ZADOKS, *Oléagineux*, 1989, **44**, N° 10, p. 485-488.

Groundnut rust (*Puccinia arachidis* Speg.) has recently spread to West Africa. Studies have been conducted by ORSTOM, the University of Wageningen and IRHO on the disease's epidemiology and control. An investigation has been carried out in Côte d'Ivoire on diseases in groundnut crops, which has shown that *P. arachidis* can be considered as a new component in a multiple pathosystem in which leaf parasites play a major role, especially leaf spot diseases. Rust, leaf spot or a combination of the two can cause losses of up to 70 %. Rust epidemiology has been studied experimentally and an epidemic simulation model has been created. The data gathered on host-pathogen interaction is guiding the selection of resistant groundnut cultivars already under way

RESUMEN

La roya del maní en el África occidental : un nuevo componente de un patosistema múltiple.

S SAVARY, J. P. BOSC, M. NOIROT y J. C. ZADOKS, *Oléagineux*, 1989, **44**, N° 10, p. 485-488.

La roya del maní (*Puccinia arachidis* Speg.) se ha desarrollado recientemente en el África occidental. El ORSTOM, la Universidad de Wageningen y el IRHO realizaron estudios sobre la epidemiología y el control de la enfermedad. En Côte d'Ivoire se realizó una investigación sobre las enfermedades de los cultivos de maní, llegándose a demostrar que *P. arachidis* puede considerarse un nuevo componente de un patosistema múltiple en el que los parásitos de las hojas desempeñan un papel predominante, siendo de destacar las cercosporiosis. La roya, las cercosporiosis o su combinación pueden producir hasta un 70 % de pérdidas. La epidemiología de la roya se estudió de modo experimental y se estableció un modelo de simulación de las epidemias. Los datos reunidos sobre la interacción entre el huésped y el patógeno orientan la selección pendiente de cultivares de maní resistentes.

PIECES DE RECHANGE - Huilerie, Equarrissage-Fondoir Assèchementetc...

UN STOCK PERMANENT DE PIÈCES DE RECHANGE ET UN SERVICE APRÈS-VENTE

Notre magasin de pièces de rechange est géré par ordinateur. Ce secteur d'activité est important car nous assurons la fourniture de pièces de rechange pour la plupart des presses existantes sur le marché.

Notre service après-vente vous assure l'entretien de vos machines dès leur mise en place. Quelque soit le pays, nos techniciens interviennent sous quelques heures.

Construction de Presses-
Chauffoirs-Sécheurs-
Broyeurs-Séparateurs etc...

Etude et réalisation d'atelier
et d'usine Clef en mains.

